

Pengaruh Penggunaan Semen PCC pada Kuat Lentur Perkerasan Kaku dengan Penambahan Serat Kulit Kayu Gelam Pada Campuran Beton

Yudha Gempa Aditya¹⁾
Chartarina Niken²⁾
Sasana Putra³⁾

Abstract

The flexural strength of rigid pavement is the dominant parameter that influences the concrete pavement performance. In general, concrete is weak against its flexural tensile strength. One alternative that can be used to increase its flexural tensile strength is by adding artificial fibers and/or natural fibers to the concrete mixture. The purpose of this research is to find the effect of adding gelam bark fibers towards compressive strength, split tensile strength, and flexural strength of concrete using PCC cement. In this study, the concrete mixture was added with various percentages of fiber content i.e. 0,2%; 0,3%; 0,4%; 0,6%. The concrete was tested and compared its value of compressive strength, split tensile strength and flexural strength. The results of this study showed that the most influential use of fiber for concrete pavement was 0,4%. The addition of gelam bark fiber by 0,4% could increase the tensile strength of the concrete mixture aged 28 days and 56 days respectively by 6,95% and 23.72% toward the concrete without fibers. The testing of concrete at 28 days age results the split tensile strength value decreased by 4,2% and the compressive strength test decreased by 4,7%.

Keywords: Gelam bark fiber, PCC cement, OPC cement, flexural tensile strength, split tensile strength and compressive strength

Abstrak

Kuat tarik lentur perkerasan kaku merupakan parameter yang dominan berpengaruh dalam perkerasan beton. Pada umumnya sifat beton adalah lemah terhadap kuat tarik lenturnya. Salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk meningkatkan kuat tarik lenturnya adalah dengan menambahkan serat buatan dan/atau serat alam ke dalam campuran beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat kulit kayu gelam terhadap kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur beton menggunakan semen PCC. Dibuat campuran beton dengan berbagai variasi kadar serat kulit kayu gelam 0%; 0,2%; 0,3%; 0,4%; 0,6%, untuk diuji dan dibandingkan besarnya nilai kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur campuran beton. Hasil penelitian ini memperlihatkan penggunaan serat yang paling berpengaruh untuk perkerasan beton sebesar 0,4%. Penambahan serat kulit kayu gelam sebesar 0,4% dapat meningkatkan kuat tarik lentur pada campuran beton umur 28 hari dan 56 hari secara berturut-turut sebesar 6,95% dan 23,72% terhadap beton tanpa serat. Pengujian kuat tarik belah dan kuat tekan beton pada umur 28 hari memperlihatkan penurunan berturut-turut sebesar 4,2% dan 4,7%.

Kata Kunci: Serat kulit kayu gelam, semen PCC, semen OPC, kuat tarik lentur, kuat tarik belah dan kuat tekan.

¹⁾ Mahasiswa pada Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Surel: yudhagempa24@gmail

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1, Gedong Meneng, Bandar Lampung, 35145. Surel: chatarinaniken@yahoo.com

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1, Gedong Meneng, Bandar Lampung, 35145. Surel: sasana69@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Pembangunan dibidang konstruksi saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat. Seiring bertambahnya jumlah penduduk, maka sangat dibutuhkan sarana yang menunjang aktifitas seperti perkantoran, tempat tinggal, jalan, jembatan dan sarana lainnya, oleh karena itu beton banyak digunakan sebagai material struktur bangunan. Saat ini perkerasan beton di Indonesia semakin banyak digunakan sebagai salah satu alternatif perkerasan jalan raya, dimana beton menggunakan bahan lokal yang mudah didapatkan sebagai bahan penyusunnya. Dengan perkembangan beton sebagai bahan utama konstruksi, mendorong adanya inovasi teknologi bahan campuran beton yang baik, kuat dan efisien.

Perkerasan jalan raya secara umum terdapat 2 jenis yaitu perkerasan aspal (*flexibel pavement*) dan perkerasan beton (*rigid pavement*). Penentuan penggunaan bahan perkerasan berdasarkan pertimbangan teknis dan non teknis, yang mengacu pada sistem pemeliharaan jalan raya. Perkerasan beton memiliki kelebihan dibandingkan dengan perkerasan aspal, dilihat dari kemampuan beton untuk menahan gaya tekan yang tinggi dan keawetan beton yang baik. Perkerasan *rigid* akan menerima beban lentur yang berasal dari roda kendaraan secara terus menerus. Perkerasan jalan raya menggunakan beton memiliki kelemahan terhadap gaya tarik dan *plastic shrinkage* yang mengakibatkan retak pada beton, yang dapat mengurangi umur beton (Sampurno, dkk, 2019). Beton perkerasan kaku menggunakan semen *portland* sebagai bahan perekat hidrolis, artinya semen menjadi perekat bila bercampur dengan air. Semen yang digunakan antara lain OPC (*Ordinary Portland Cement*) dan PCC (*Portland Composite Cement*). Namun saat ini semen OPC sulit ditemukan dan keraguan penggunaan semen PCC terhadap kinerja beton masih sering muncul dari para pelaksana lapangan.

Saat ini serat kulit kayu gelam belum dimanfaatkan oleh masyarakat, dimana selama ini kulit kayu gelam ditumpuk dan dibakar atau dimanfaatkan untuk penimbun jalan yang becek disekitar rumah. Kulit kayu gelam berbentuk seperti lembaran kertas yang berserat, dan memiliki warna cokelat kemerahan. Perlakuan alkalisasi serat kulit kayu gelam menggunakan bahan kimia NaOH 5% selama 2 jam dengan pengujian variasi volume serat 10%, 30%, 50%, 70%, menghasilkan nilai kuat tarik tertinggi pada serat 70% sebesar 11.970 MPa (Arief dan Sidiq 2017). Penambahan serat kulit kayu gelam pada beton dapat meningkatkan kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur, hal ini terjadi pada beton dengan *volume fraction* 0,4 % dengan peningkatan 9,42% sebesar 6,62 MPa dari beton normal (Herdiawan, 2020). Penelitian dengan *volume fraction* yang lebih beragam telah dilakukan oleh Herdiawan 2020, dengan semen OPC sehingga dapat terlihat *volume fraction* yang dapat menghasilkan kuat tekan, tarik belah dan lentur maksimal dan juga *volume fraction* dimana penurunan mulai terjadi.

Melihat serat kulit gelam yang belum dimanfaatkan dan sulitnya mendapatkan semen OPC, penulis melakukan eksperimen dengan menggunakan bahan tambahan serat kulit kayu gelam yang dialkalisasi dengan NaOH 5% selama 2 jam dan bahan pengikat menggunakan semen PCC di dalam adukan beton dengan beberapa variasi yang nantinya akan diuji di laboratorium.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kuat Tekan

Berdasarkan ASTM C 39 dan SNI 1974 (2011), perhitungan kuat tekan benda uji silinder yang memiliki diameter 150 mm dan tinggi 300 mm, dihasilkan dengan membagi beban maksimum yang diterima benda uji selama pengujian dengan luas penampang melintang.

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Keterangan:

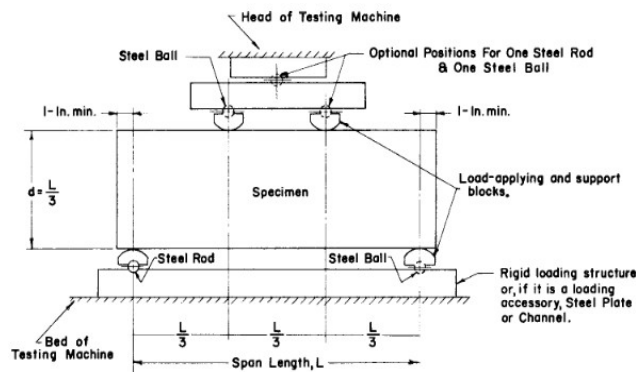
$f'c$: Kuat tekan beton (MPa)

P : Beban maksimum tekan (N)

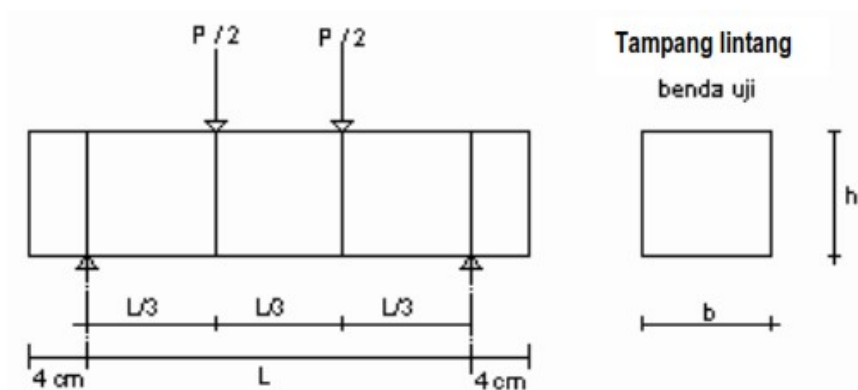
A : Luas penampang silinder (mm^2)

2.2. Kuat Tarik Lentur

Uji kuat lentur beton dilakukan pada benda uji berbentuk balok beton dengan ukuran 150 mm x 150 mm x 600 mm. Kuat lentur batas (*ultimate flexure strength*) beton atau disebut juga modulus keruntuhan (*modulus of rupture*) adalah beban maksimum yang tercapai selama pembebanan. Berdasarkan ASTM C 78 dan SNI 4431 (2011) nilai modulus keruntuhan dapat diperoleh dari rumus sebagai berikut:



Gambar 1. Skema pengujian kuat lentur beton (ASTM C78).



Gambar 2. Garis- garis perletakan dan pembebanan SNI 4431 (2011).

Persamaan yang digunakan untuk menghitung kuat tarik lentur beton, dengan ketentuan sebagai berikut.

2.2.1. Untuk pengujian dimana bidang patah terletak di daerah pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan sebagai berikut.

$$\sigma = \frac{P.L}{bh^2} \quad (2)$$

2.2.2 . Untuk pengujian dimana bidang patahnya benda uji terletak di luar pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah) dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari jarak antara titik perletakan maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan sebagai berikut.

$$\sigma = \frac{3P.a}{bh^2} \quad (3)$$

Keterangan:

- σ : Modulus keruntuhan/ kuat lentur batas (MPa)
- P : Beban tertinggi yang terbaca pada mesin uji (N)
- L : Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)
- b : Lebar tampang lintang benda uji (mm)
- h : Tinggi tampang lintang benda uji (mm)
- a : Jarak rata-rata antara garis retak dan tumpuan terdekat permukaan tarik (mm)

2.3. Kuat Tarik Belah

Pada pengujian kuat tarik belah beton menggunakan spesimen benda uji silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Berdasarkan SNI 2491 (2011) tarik belah pada umumnya lebih besar dari kekuatan tarik langsung dan lebih rendah dari kekuatan lentur (*modulus of rupture*), kekuatan tarik belah digunakan dalam rancangan elemen struktur beton untuk mengevaluasi ketahanan geser. Perhitungan kekuatan tarik belah spesimen benda sebagai berikut:

$$T = \frac{2P}{\pi.l.d} \quad (4)$$

Keterangan:

- T : Kekuatan tarik belah (MPa)
- P : Beban tertinggi yang terbaca pada mesin uji (N)
- l : Panjang benda uji (mm)
- d : Diameter benda uji (mm)

3. METODE PENELITIAN

3.1. Umum

Metode penelitian yang dilakukan oleh penulis adalah studi eksperimental. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh semen PCC pada kuat lentur perkerasan kaku dengan penambahan serat kulit kayu gelam. Hasil yang didapat dari metode eksperimental tentang perencanaan campuran beton yang mengacu pada standar ACI 211. 1-91. Hasil dari eksperimen terhadap serat kulit kayu gelam sebagai campuran beton diharapkan dapat berpengaruh terhadap kekuatan lentur beton tersebut.

3.2. Material

3.2.1 Semen *Portland Composite Cement*

Terdapat bahan atau material yang digunakan pada penelitian ini adalah semen semen PCC (*Portland Composite Cement*) dengan merk dagang Semen Padang dalam kemasan (zak) dan memiliki berat bersih 50 kg

3.2.2 Agregat Halus

Pada penelitian ini, agregat halus yang digunakan terlebih dahulu dilakukan pengujian terhadap kadar air, berat jenis dan penyerapan, gradasi, kadar lumpur, kandungan zat organik dan berat volume yang memenuhi standar ASTM. Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini yaitu pasir yang berasal dari daerah Gunung Sugih, Lampung Tengah.

Tabel 1. Gradasi agregat halus pakai

Gradasi Pakai	
Ukuran Saringan (mm)	Persentase Lolos 12,5-4,75
9,5	100
4,75	95-100
2,36	80-100
1,18	50-85
0,6	25-60
0,3	10-30
0,15	2-10
Pan	-

Sumber: ASTM C-33

3.2.3 Agregat Halus

Agregat kasar yang digunakan terlebih dahulu dilakukan pengujian memenuhi standar ASTM. Agregat kasar yang digunakan pada penelitian yaitu batu pecah dengan ukuran maksimum sebesar 19 mm.

Tabel 2 Gradasi agregat kasar pakai

Gradasi Pakai	
Ukuran Saringan (mm)	Persentase Lolos 12,5-4,75
25	100
19	90-100
9,5	20-55
4,75	0-10
2,26	0-5

Sumber: ASTM C-33

3.2.4 Serat

Serat kulit kayu gelam yang digunakan sudah dialkalisasi dengan NaOH 5% selama 2 jam, dan dibilas dengan air bersih. Ukuran serat kayu gelam yang digunakan sepanjang 5 cm dan ketebalan kurang lebih 1 mm .



Gambar 3. Serat kulit kayu gelam yang sudah dialkalisasi NaOH 5%.

3.3. Pembuatan Benda Uji

Penelitian ini menggunakan benda uji silinder yang berdiameter 150 mm dengan tinggi 300 mm sebagai pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton, sedangkan pada pengujian tarik lentur menggunakan benda uji balok dengan dimensi 150 mm x 150 mm x 600 mm. Penelitian ini menggunakan volume fraksi 0%, 0,2%, 0,3%, 0,4% dan 0,6%, serat kulit kayu gelam yang dialkalisasi dengan NaOH 5% selama 2 jam sebagai campuran beton mutu normal K-300 dengan setiap variasi terdiri dari 3 (tiga) benda uji.

Tabel 3. Jumlah benda uji silinder dan kode benda uji

Volume Fraksi	0%	0,2%	0,3%	0,4%	0,6%
Kuat tekan	T.0.1	T.0,2.1	T.0,3.1	T.0,4.1	T.0,6.1
	T.0.2	T.0,2.2	T.0,3.2	T.0,4.2	T.0,6.2
	T.0.3	T.0,2.3	T.0,3.3	T.0,4.3	T.0,6.3
Jumlah Benda Uji	3	3	3	3	3
Kuat tarik belah	TB.0.1	TB.0,2.1	TB.0,3.1	TB.0,4.1	TB.0,6.1
	TB.0.2	TB.0,2.2	TB.0,3.2	TB.0,4.2	TB.0,6.2
	TB.0.3	TB.0,2.3	TB.0,3.3	TB.0,4.3	TB.0,6.3
Jumlah Benda Uji	3	3	3	3	3

Tabel 4. Jumlah benda uji balok dan kode benda uji

Volume Fraksi	0%	0,2%	0,3%	0,4%	0,6%
Kuat tarik lentur pada umur 28 hari	TL.0.1	TL.0,2.1	TL.0,3.1	TL.0,4.1	TL.0,6.1
	TL.0.2	TL.0,2.2	TL.0,3.2	TL.0,4.2	TL.0,6.2
	TL.0.3	TL.0,2.3	TL.0,3.3	TL.0,4.3	TL.0,6.3
Jumlah Benda Uji	3	3	3	3	3
Kuat tarik lentur pada umur 56 hari	TL.0.1S	TL.0,2.1S	TL.0,3.1S	TL.0,4.1S	TL.0,6.1S
	TL.0.2S	TL.0,2.2S	TL.0,3.2S	TL.0,4.2S	TL.0,6.2S
	TL.0.3S	TL.0,2.3S	TL.0,3.3S	TL.0,4.3S	TL.0,6.3S
Jumlah Benda Uji	3	3	3	3	3

3.4. Kebutuhan Material

Rencana campuran material yang digunakan pada proses *mixing* sesuai dengan perhitungan kebutuhan bahan yang mengacu pada standar ACI 211. 1-91. Perancangan campuran beton untuk memperoleh keseragaman benda uji yang ditambahkan serat kulitkayu gelam dengan beberapa variasi. Terdapat kebutuhan bahan-bahan untuk rencana campuran setiap meter kubik adukan beton dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kebutuhan bahan campuran beton setiap meter kubik

Volume Fraksi Serat (%)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Split (kg)	Air (kg)	Serat (kg)
0	425,67	798,72	941,83	203,29	0
0,2	425,67	798,72	941,83	203,29	1,94
0,3	425,67	798,72	941,83	203,29	2,90
0,4	425,67	798,72	941,83	203,29	3,87
0,6	425,67	798,72	941,83	203,29	5,81

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Umum

Hasil yang diperoleh dari pengujian mungkin terdapat penyimpangan dari prosedur eksperimental yang dilakukan dapat berupa kesalahan dalam menghitung atau mencatat nilai numerik. Oleh karena itu diperlukan investigasi untuk memastikan alasan nilai yang menyimpang. Analisis yang dilakukan yaitu dengan menguji signifikansi statistik data yang diperoleh dari pengujian, pengamatan juga dilakukan untuk data yang terlihat menyimpang dari keseluruhan sampel yang dibuat dari setiap volume fraksi penambahan serat kayu gelam pada beton. Pada pengujian data mengacu pada ASTM E178-2 *Standar Practice for Dealing Outlying Observation*, adapun uji penyimpangan dari analisis statistika yang terdapat pada peraturan tersebut yaitu Standar Deviasi Satu Arah dan Uji *Dixon Criteria*.

Berdasarkan pertimbangan maka analisis statistika data yang di gunakan adalah Uji *Dixon Criteria*, dengan menggunakan tingkat signifikansi (*significance level*) sebesar 5%, sehingga tingkat kepercayaan (*confidence level*) sebesar 95%.

Tabel 6. Batas nilai kritis pada *dixon criteria test*

n	Signification Level		
	10 persen	5 persen	1 persen
3	0,886	0,941	0,988
4	0,679	0,765	0,889
5	0,557	0,642	0,780
6	0,482	0,560	0,698
7	0,434	0,507	0,637

Sumber: ASTM C-33

4.2. Hasil Pengujian Material

Sebelum proses pengecoran beton atau pembuatan sampel uji perlu dilakukan pengujian material untuk mendapatkan kondisi material yang baik dan komposisi material yang sesuai, agar dapat digunakan sebagai rancangan campuran beton yang telah di rencanakan sesuai dengan *mix design*.

Tabel 7. Kebutuhan bahan campuran beton setiap meter kubik

No	Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Keterangan
1	Kadar air agregat halus	0,9591%	0 - 1%	ASTM C 566
2	Kadar air agregat kasar	2,8019%	0 - 3%	ASTM C 566
3	Berat jenis agregat halus	2,2778	2 - 2,9	ASTM C 128
4	Penyerapan agregat halus	1,9291%	1 – 3%	ASTM C 128
5	Berat jenis agregat kasar	2,9283	2,5 – 2,9	ASTM C 127
6	Penyerapan aregat kasar	2,2077%	1 – 3%	ASTM C 127
7	Kadar lumpur agregat halus	1,0521	< 5%	AST C 117
8	Keausan agregat kasar	20,02%	10 – 45%	ASTM C131
9	Berat volume agregat halus	1532,9	-	-
10	Berat volume agregat kasar	1513,1	-	-
11	Berat jenis semen	2,9493	-	-
12	Kandungan zat organik agregat halus	Warna gardner11	Warna gardner11	ASTM C 40

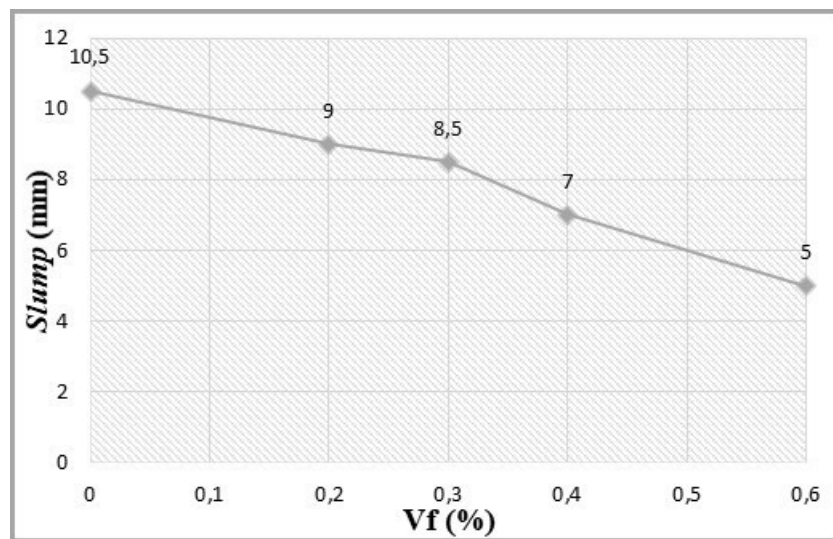
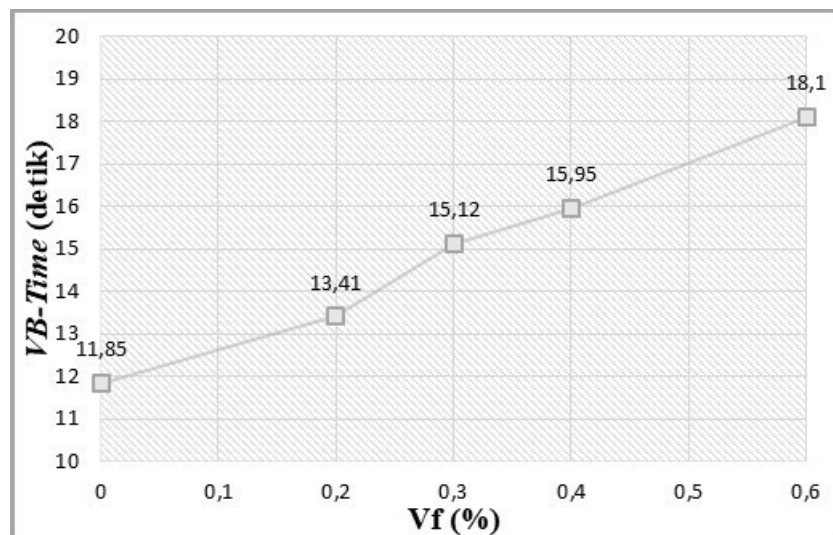
4.3. Keleccakan Pengecoran (*workability*)

Keleccakan campuran beton didefinisikan kemudahan campuran beton dalam proses pengadukan, pengangkutan, penuangan dan pemadatan. Pengujian keleccakan menggunakan uji *VB-time test*, sedangkan *slump test* digunakan sebagai koontrol konsistensi campuran adukan beton.

Tabel 8. Kebutuhan bahan campuran beton setiap meter kubik

No	Variasi serat (%)	<i>Slump test</i> (cm)	<i>VB-time test</i> (detik)	Spesifikasi (detik)
1	0	10,5	11,85	5 - 25
2	0,2	9	13,41	5 - 25
3	0,3	8,5	15,12	5 - 25
4	0,4	7	16,95	5 - 25
5	0,6	5	18,1	5 - 25

Pada Tabel 8 dapat diketahui bahwa nilai dari *VB-time test* yang diperoleh pada pengujian adukan beton serat berkisar antara 13,41-18,1 detik sehingga termasuk kedalam kemudahan dalam pengerjaan pengecoran sesuai dengan pedoman ACI Commite 544-1989 yang berkisar antara 5 – 25 detik.

Gambar 4. Hubungan nilai *slump* dengan Vf.Gambar 5. Hubungan nilai *VB-time* dengan Vf.

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa semakin besar volume fraksi serat (Vf) dalam adukan beton maka nilai *slump* semakin kecil. Nilai *VB-time* yang diperoleh semakin besar seiring penambahan volume fraksi serat (Vf) dalam adukan beton seperti yang tampak pada Gambar 4. Nilai *VB-time* ini berkebalikan dengan nilai *slump* yang diperoleh

Penurunan nilai *slump* terjadi akibat penambahan volume fraksi serat pada adukan, karena sifat serat sendiri didalam adukan beton mengikat antar material penyusun beton. Untuk nilai *VB-time* yang didapat semakin meningkat waktunya untuk setiap penambahan volume fraksi serat, dimana pada penambahan serat kedalam adukan akan mengikat antar material agregat halus, agregat kasar dan semen saat proses penggetaran dilakukan.

4.4. Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton yang dilakukan pada sampel uji setelah beton telah berumur 28 hari. Pengujian tersebut dimaksudkan untuk mendapatkan hasil kekuatan tekan beton dengan menggunakan bahan tambahan serat kulit kayu gelam dan hasilnya dibandingkan dengan beton normal. Data kuat tekan beton yang diperoleh kemudian dianalisis signifikansi data yang dicurigai menggunakan metode Uji *Dixon Criteria*. Dari hasil percobaan, kuat tekan untuk semua variasi penambahan serat kayu gelam ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil pengujian kuat tekan beton

No	Kode Benda Uji	Variasi serat (%)	Gaya Tekan (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Persentasi Selisih Terhadap 0% Serat	
						Kenaikan (%)	Penurunan (%)
1	T.0.1		615,60	34,84			
2	T.0.2	0	608,50	34,43	34,73	-	-
3	T.0.3		617,10	34,92			
4	T.0,2.1		619,30	35,05			
5	T.0,2.2	0,2	548,90	31,06	33,86	-	2,51
6	T.0,2.3		626,90	35,48			
7	T.0,3.1		524,50	29,68			
8	T.0,3.2	0,3	546,50	30,93	30,66	-	6,80
9	T.0,3.3		554,20	31,36			
10	T.0,4.1		591,10	33,45			
11	T.0,4.2	0,4	608,90	34,46	33,10	-	4,69
12	T.0,4.3		555,00	31,41			
13	T.0,6.1		562,60	31,84			
14	T.0,6.2	0,6	506,80	34,84	30,67	-	11,69
15	T.0,6.3		556,70	34,43			

Dari hasil pengujian silinder beton pada umur 28 hari didapatkan bahwa terjadi penurunan kuat tekan pada setiap volume fraksi penambahan serat dibandingkan dengan beton normal. Penambahan serat kayu gelam pada campuran beton tidak mampu meningkatkan kuat tekanya, jika dilihat dari berat volume beton seiring penambahan serat kulit kayu gelam terjadi penurunan, dimungkinkan tingkat kepadatan beton menurun menyebabkan terdapat rongga udara pada beton.

4.5. Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada umur 28 hari yang dimaksudkan untuk mendapatkan gambaran tegangan tarik beton dengan menggunakan bahan tambahan serat kayu gelam dan hasilnya akan dibandingkan dengan beton normal. Nilai kuat tarik belah beton diperoleh melalui pengujian tekan dengan membebani setiap benda uji silinder

secara lateral sampai kekuatan maksimumnya. Hasil pembebanan pada benda uji silinder pada uji kuat tarik belah disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil pengujian kuat tarik belah beton

No	Kode Benda Uji	Variasi serat (%)	Gaya Tekan (kN)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa)	Persentasi Selisih Terhadap 0% Serat	
						Kenaikan (%)	Penurunan (%)
1	TB.0.1		192,8	2,73			
2	TB.0.2	0%	258,2	3,65	3,10	-	-
3	TB.0.3		205,7	2,91			
4	TB.0.2.1		257,1	3,64			
5	TB.0.2.2	0,2%	247,2	3,50	3,51	13,23	-
6	TB.0.2.3		240,1	3,40			
7	TB.0.3.1		217,3	3,07			
8	TB.0.3.2	0,3%	198,7	2,81	3,17	2,26	-
9	TB.0.3.3		255,2	3,61			
10	TB.0.4.1		198,2	2,80			
11	TB.0.4.2	0,4%	231,5	3,28	2,97	-	4,19
12	TB.0.4.3		201,1	2,84			
13	TB.0.6.1		210,3	2,98			
14	TB.0.6.2	0,6%	178	2,52	2,71	-	12,5
15	TB.0.6.3		185,7	2,63			

Dari hasil uji kuat tarik belah beton pada umur 28 hari diperoleh bahwa terjadi peningkatan tegangan tarik pada volume fraksi penambahan serat sebanyak 0,2%, 0,3%, namun pada penambahan 0,4% dan 0,6% terjadi penurunan dibandingkan dengan beton normal. Tegangan tarik tertinggi terjadi pada volume fraksi 0,2% yaitu sebesar 3,51 MPa sedangkan pada beton normal sebesar 3,10 MPa sehingga peningkatan tegangan tarik sebesar 13,23%.

4.6. Kuat Tarik Lentur Beton

Pengujian kuat tarik lentur dilakukan pada benda uji balok pada umur 28 hari dan 56 hari. Untuk mengetahui beban yang mampu ditahan oleh balok beton, dengan cara meletakkan beton pada dua perletakan dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, kemudian memberikan gaya sampai benda uji patah.

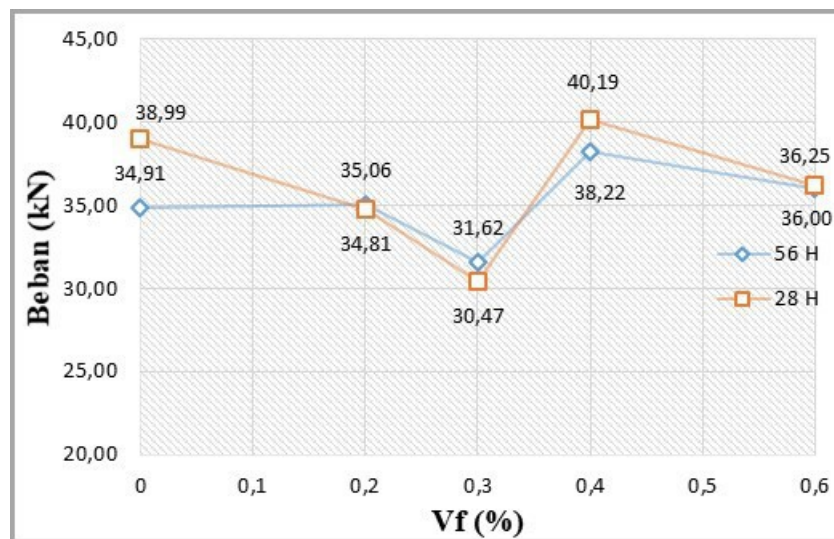
Tujuan utama dalam penelitian ini adalah dengan penambahan serat kulit kayu gelam pada beton yang dimaksudkan untuk meningkatkan beton terhadap tarik lenturnya, dengan beberapa volume fraksi campuran serat sehingga didapatkan campuran serat yang optimal. Pembebanan pada benda balok yang dilakukan pengujian pada umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 11 dan pada benda uji umur 56 hari dapat dilihat pada Tabel 12 sebagai berikut.

Tabel 11. Hasil pengujian tarik lentur pada umur 28 hari

No	Kode Benda Uji	Variasi serat (%)	Gaya Tekan (kN)	Kuat Tarik Lentur (MPa)	Kuat Tarik Lentur Rata-rata (MPa)	Persentasi Selisih Terhadap 0% Serat	
						Kenaikan (%)	Penurunan (%)
1	TL.0.1		40,278	5,42			
2	TL.0.2	0%	37,377	5,04	5,26	-	-
3	TL.0.3		39,307	5,31			
4	TL.0,2.1		31,947	4,33			
5	TL.0,2.2	0,2%	36,489	4,95	4,72	-	10,27
6	TL.0,2.3		35,996	4,90			
7	TL.0,3.1		28,266	3,85			
8	TL.0,3.2	0,3%	29,066	3,97	4,16	-	20,91
9	TL.0,3.3		34,064	4,66			
10	TL.0,4.1		41,94	5,75			
11	TL.0,4.2	0,4%	40,28	5,54	5,62	6,84	-
12	TL.0,4.3		40,45	5,57			
13	TL.0,6.1		39,825	5,50			
14	TL.0,6.2	0,6%	31,393	4,34	5,02	-	4,56
15	TL.0,6.3		37,525	5,20			

Tabel 12. Hasil pengujian tarik lentur pada umur 56 hari.

No	Kode Benda Uji	Variasi serat (%)	Gaya Tekan (kN)	Kuat Tarik Lentur (MPa)	Kuat Tarik Lentur Rata-rata (MPa)	Persentasi Selisih Terhadap 0% Serat	
						Kenaikan (%)	Penurunan (%)
1	TL.0.1S		33,11	4,45			
2	TL.0.2S	0%	35,657	4,81	4,71	-	-
3	TL.0.3S		35,963	4,86			
4	TL.0,2.1S		39,042	5,29			
5	TL.0,2.2S	0,2%	32,646	4,43	4,76	1,06	-
6	TL.0,2.3S		33,484	4,55			
7	TL.0,3.1S		36,067	4,92			
8	TL.0,3.2S	0,3%	27,503	3,76	4,32	-	8,28
9	TL.0,3.3S		31,285	4,28			
10	TL.0,4.1S		45,906	6,30			
11	TL.0,4.2S	0,4%	41,157	5,66	5,82	23,57	-
12	TL.0,4.3S		40,02	5,51			
13	TL.0,6.1S		33,478	4,62			
14	TL.0,6.2S	0,6%	37,123	5,14	4,98	5,73	-
15	TL.0,6.3S		37,406	5,19			



Gambar 6. Grafik kuat tarik lentur rata-rata setiap volume fraksi serat.

Dari hasil pengujian kuat tarik lentur pada balok dengan umur 28 hari dan 56 hari memiliki besaran yang hampir mendekati seragam, dimana terlihat pada Gambar 17 diperoleh peningkatan dan penurunan kekuatan pada setiap penambahan serat kulit kayu gelam. Pengujian kuat lentur beton pada umur 28 hari didapatkan nilai tertinggi pada volume fraksi serat 0,4% sebesar 5,26 MPa. Kuat lentur tersebut mengalami peningkatan sebesar 6,84% dibandingkan beton normal. Pada pengujian 56 hari nilai tertinggi juga terdapat pada volume fraksi serat 0,4% sebesar 5,82 MPa dengan kenaikan 23,57% dibandingkan dengan beton tanpa serat.

Penelitian yang telah dilakukan Herdiawan 2020, bahwa penambahan serat kulit kayu gelam menggunakan OPC sebagai bahan perekat, menghasilkan kuat tarik lentur tertinggi pada umur 28 hari dan 56 hari terjadi pada volume fraksi 0,4% sebesar 6,46 MPa dengan peningkatan 9,12% dan 6,62 MPa dengan peningkatan 8,61%. Nilai kuat lentur semen OPC menggunakan campuran serat kayu gelam lebih besar 0,84 MPa pengujian beton 28 hari dan 0,80 MPa pengujian beton pada 56 hari. Kemampuan beton menahan gaya lentur dengan penambahan serat kulit kayu gelam dengan peningkatan kuat tarik lentur optimal terjadi pada volume fraksi serat 0,4%.

Penelitian yang telah dilakukan Hidayat M. E., dkk, 2016 pengaruh penambahan serat kulit bambu menggunakan semen OPC peningkatan terbesar terjadi pada volume fraksi serat 0,6% sebesar 5,93 MPa dengan kenaikan 3,70% dari beton tanpa serat, dimana beton tanpa serat nilai kuat lenturnya adalah sebesar 5,20 MPa. Serat mampu berkontribusi menahan tegangan tarik pada beton, sehingga teknologi beton dengan penambahan serat organik sebagai penahan gaya lentur bekerja secara baik.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, analisis dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Keleccakan adukan beton serat sangat dipengaruhi volume fraksi serat yang ditambahkan pada adukan beton. Semakin tinggi volume fraksi serat maka tingkat

kelecekan akan semakin menurun atau menurunkan kemudahan pengerjaan adukan beton. Penambahan serat kulit kayu gelam pada campuran beton tidak berpengaruh pada peningkatan kuat tekannya, namun meningkatkan kuat tarik belah dengan tegangan tarik tertinggi terjadi pada volume fraksi 0,2% yaitu sebesar 3,51 MPa sedangkan pada beton normal sebesar 3,10 MPa sehingga peningkatan tegangan tarik sebesar 13,23%.

2. Pengujian kuat lentur beton pada umur 28 hari didapatkan nilai tertinggi pada volume fraksi 0,4% sebesar 5,26 MPa, kuat lentur tersebut mengalami peningkatan sebesar 6,84% dibandingkan beton normal. Pada pengujian 56 hari nilai tertinggi juga terdapat pada 0,4% penambahan serat sebesar 5,82 MPa dengan kenaikan 23,57% dibandingkan dengan beton tanpa serat, oleh karena itu kemampuan beton menahan gaya lentur dengan penambahan serat kulit kayu gelam dengan peningkatan kuat tarik lentur optimal terjadi pada volume fraksi serat 0,4%.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 211. 1991. *Standard Practice for Selecting Proportion Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*. ACI Journal. 2002. 1-38.
- ASTM C33. 2013. *Standard Specification for Concrete Aggregates*. United States.
- ASTM C78. 2002. *Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)*.
- ASTM E178-02. 2002. *Standard Practice for Dealing With Outlying Observations*. United States.
- ASTM C39. 2014. *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimen*. United States.
- Arief, S., Sidiq, A. 2017. *Pengaruh Variasi Panjang Serat Kayu Gelam (Melaleuca Leucandendra) Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Bermatrik Polyester*. Teknik Mesin UNISKA, Kalimantan. 03(1): 42-48.
- Herdiawan. 2020. *Pengaruh Serat Kulit Kayu Gelam Terhadap Kuat Tarik Lentur Beton Pada Perkerasan Kaku Menggunakan Semen OPC*. Teknik Sipil Unila. Lampung.
- Hidayat, M. E., Ismeddiyanto, Kurniawandy, A. 2016. *Pengaruh Penambahan Serat Kulit Bambu Terhadap Sifat Mekanik Beton*. Jom FTEKNIK, Riau. 03(1): 1-7.
- Sampurno, A., D., Satyarno, I., Mulyono, A., T. 2019. *Pengaruh Serat Baja (Dramix) Terhadap Kuat Lentur Pada Roller Compacted Concrete (RCC)*. Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan UGM. 15(1): 43-53.
- SNI 1974. 2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 2491. 2014. *Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 4431. 2011. *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.